

WEST



Generate Collection

Print

L1: Entry 1 of 3

File: JPAB

Oct 1, 1992

PUB-NO: JP404275586A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 04275586 A

TITLE: RAINBOW HOLOGRAM AND FORMATION THEREOF

PUBN-DATE: October 1, 1992

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

TODA, TOSHITAKA

TAKAHASHI, SUSUMU

NISHIHARA, TAKASHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

TOPPAN PRINTING CO LTD

APPL-NO: JP03059572

APPL-DATE: March 1, 1991

US-CL-CURRENT: 359/22

INT-CL (IPC): G03H 1/26

ABSTRACT:

PURPOSE: The most important characteristic of this invention is to continuously and brightly reproduce plural images free from out-of-focus exclusive of stereoscopic images without limiting the visual area.

CONSTITUTION: This invention consists in using a slit formed with a light transparent part at a preset angle of inclination of the line connecting the observer's left eye and right eye with the specific one wavelength region line of a reconstructed slit image as a slit, using a master hologram arranged with plural element holograms in one row as a master hologram, thereby diffracting illuminating light in such a manner that only either of the observer's left eye or right eye enters the inside of the visible spectral region of the reconstructed slit image.

COPYRIGHT: (C) 1992, JPO&Japio

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-275586

(43) 公開日 平成4年(1992)10月1日

(51) IntCl.⁸

G 0 3 H 1/26

識別記号

庁内整理番号

8106-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数5(全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平3-59572

(22) 出願日 平成3年(1991)3月1日

(71) 出願人 000003193

凸版印刷株式会社

東京都台東区台東1丁目5番1号

(72) 発明者 戸田 敏貴

東京都台東区台東一丁目5番1号 凸版印刷株式会社内

(72) 発明者 高橋 進

東京都台東区台東一丁目5番1号 凸版印刷株式会社内

(72) 発明者 西原 隆

東京都台東区台東一丁目5番1号 凸版印刷株式会社内

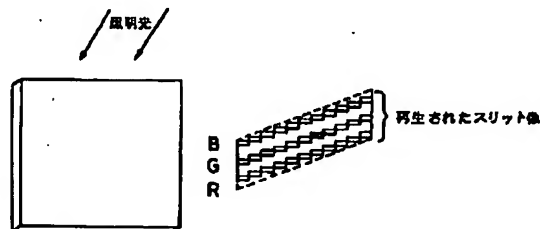
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 レインボー・ホログラムおよびその作成方法

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、視域が制限されることなく、立体像以外のぼけのない複数の画像を連続的にかつ鮮明に再生することを最も主要な特徴としている。

【構成】 本発明は、白色光再生型のレインボー・ホログラムを作成する場合に、スリットとして、再生スリット像の特定の一波長域ラインに対して観察者の左目と右目を結ぶラインをあらかじめ設定した傾き角度で透光部が形成されたスリットを用いると共に、マスター・ホログラムとして、複数の要素ホログラムが一列に配列されるマスター・ホログラムを用いることにより、再生スリット像の可視スペクトル領域内に観察者の左目または右目のうちの一方のみが入るように照明光が回折されるようにすることを特徴としている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ光源より出力されたレーザビームを光路分岐手段により2つのレーザビームに分岐し、一方のレーザビームを平行光とした後スリットにより一部分を選択して再生光としてマスター・ホログラムを再生して当該再生像を感光材料上に結像させ、他方のレーザビームを平行光とした後参照光として前記感光材料上に入射させることによって、前記感光材料上に前記参照光と結像した再生像の光（物体光）とによる干渉縞を形成し、当該干渉縞が形成された感光材料を現像して得られる白色光再生型のレインボー・ホログラムにおいて、再生スリット像の可視スペクトル領域内に、観察者の左目または右目のうちの一方のみが入るように照明光が回折されることを特徴とするレインボー・ホログラム。

【請求項2】 レーザ光源より出力されたレーザビームを光路分岐手段により2つのレーザビームに分岐し、一方のレーザビームを平行光とした後スリットにより一部分を選択して再生光としてマスター・ホログラムを再生して当該再生像を感光材料上に結像させ、他方のレーザビームを平行光とした後参照光として前記感光材料上に入射させることによって、前記感光材料上に前記参照光と結像した再生像の光（物体光）とによる干渉縞を形成し、当該干渉縞が形成された感光材料を現像することにより、白色光再生型のレインボー・ホログラムを作成する方法において、前記スリットとして、再生スリット像の特定の一波長域ラインに対して観察者の左目と右目を結ぶラインをあらかじめ設定した傾き角度で透光部が形成されたスリットを用いると共に、前記マスター・ホログラムとして、複数の要素ホログラムが一列に配列されてなるマスター・ホログラムを用いるようにしたことを特徴とするレインボー・ホログラムの作成方法。

【請求項3】 前記スリットとしては、透光部が連続的に形成されたスリットを用いるようにしたことを特徴とする請求項2に記載のレインボー・ホログラムの作成方法。

【請求項4】 前記スリットとしては、透光部が前記各要素ホログラムに対応させて断続的に形成されたスリットを用いるようにしたことを特徴とする請求項2に記載のレインボー・ホログラムの作成方法。

【請求項5】 前記マスター・ホログラムとしては、ホログラフィック・ステレオグラムの作成方法を利用して作成した要素ホログラム列を用いるようにしたことを特徴とする請求項2に記載のレインボー・ホログラムの作成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、白色光再生型のディスプレイ・ホログラムの一つであるレインボー・ホログラムおよびその作成方法に係り、特に視域が制限されるこ

となく、立体像以外のぼけのない複数の画像を連続的にかつ鮮明に再生し得るようにしたレインボー・ホログラムおよびその作成方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、出版あるいは印刷業等においては、書籍や雑誌の表紙、挿絵、ギフト、ノベルティ、あるいは有価証券、クレジットカード、ICカードの偽造を防止するための手段として、ホログラムが多く利用されてきている。この種のホログラムとしては種々のものがあるが、その一つとして一方向にホログラムを動かすと画像が順次変わる白色光再生型のレインボー・ホログラムがある。

【0003】 ところで、この種の従来のレインボー・ホログラムで、複数の画像を順次表示する場合には、その応用技術の一つとして、ホログラフィック・ステレオグラムの応用といった技術がある。

【0004】 すなわち、人が物を見て立体であると感じるのは、左目と右目で物を見る位置（角度）が異なるために、両目で見える像が異なっていることによって、このため、左右の目の位置から被写体を見た時の平面画像（2次元画像）がそれぞれの目に入るようにすると、被写体画像は立体画像（3次元画像）として感じられる。このことから、被写体を色々な位置から撮影した平面画像が、それぞれに対応した位置から観察できるようにすると、元の位置に被写体が存在しているように見えるディスプレイができる。そして、このような両眼の視差を利用して平面画像から立体画像を作るディスプレイ・ホログラムを、ホログラフィック・ステレオグラムと称している。

【0005】 通常のホログラフィック・ステレオグラムは、異なった位置から見た時の被写体の平面画像が記録してある縦に短冊状のホログラムが、物体を見た時の位置に対応させて横一列に並べられたものである。この時の短冊状の一つ一つのホログラムを要素ホログラムという。そして、このホログラフィック・ステレオグラムを再生させて像を見る場合、左右の目には要素ホログラムを通してそれぞれの位置から見た時の被写体の平面画像が観察される。このため、被写体画像は立体画像として観察される。そして、白色光で観察する場合には、このホログラフィック・ステレオグラムからレインボー・ホログラムを作成することによって可能となる。

【0006】 以下、ホログラフィックステレオグラムをマスターホログラムとして用い、白色光で再生可能なレインボーホログラムを作成する方法について説明する。

【0007】 図9は、レインボーホログラムを作成するための光学系の構成例を示す図である。すなわち、図9において、レーザ発振器20より出力されたレーザビームは、全反射ミラー21、光路分岐手段であるビーム・スプリッター（ハーフミラーでもよい）22により、2つのレーザビームに分岐される。そして、一方のレー

3

ザービームは、全反射ミラー23により反射され、レンズ24A、24Bに入射して十分に拡大されて平行光となり、その後図10に示すような位置関係のスリット25によって一部分が選択され、マスター・ホログラム（例えば、ホログラフィック・ステレオグラムHS）26上に入射される。また、他方のレーザービームは、全反射ミラー27により反射され、レンズ28A、28Bに入射して十分に拡大されて平行光となり、その後参照光として感光材料29上に入射される。この場合、マスター・ホログラム26上に入射される光のうち、ここで

10 回折した光も物体光として感光材料29上に入射される。これにより、感光材料29上に参照光と結像した再生像の光（物体光）とによる干渉縞が形成され、この干渉縞が形成された感光材料を現像することによって、白色光再生型のレインボー・ホログラムが得られる。

【0008】さて、上述のような方法で作成されたレインボー・ホログラムは、図11に示すように再生される。すなわち、例えば図12に示すように、緑（G）の波長によって再生されたスリットの位置に目をもってくると、緑（G）の波長（色）の再生像が観察される。この再生像とは、マスター・ホログラムに記録された像である。ここで、マスター・ホログラムが、ホログラフィック・ステレオグラムの作成方法を利用して、複数の画像を要素ホログラムとして記録した場合、図11の横方向の視点の移動は、図10のマスター・ホログラム26の対応する位置にある短冊状の要素ホログラムを観察することになるので、順次再生像が変わるという効果をもたらす。一方、図11の縦方向の視点の移動は、連続して再生されたスリット像の移動ということになり、観察される波長の変化となって現われる。例えば、図11で

30 目を下に少しずつずらせば、緑（G）の波長（色）で観察されていた再生像が少しずつ波長が長い色となっていく、赤（R）の波長（色）に近づいていくだろう。

【0009】以上を要約すると、レインボー・ホログラムの観察において、横方向の視点の移動は観察される像の変化、縦方向の視点の移動は観察される色の変化となって知覚されるということである。また、マスター・ホログラムの要素ホログラムに、それぞれ視差画像を記録しておけば、観察者の左目と右目の位置の違いから再生される像が異なり、立体像として認識させることができる。

40 【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このようなホログラフィック・ステレオグラムの作成方法を用いて、各要素ホログラムに、全く別の画像あるいは動画像等を記録しておく、観察者の左目と右目で観察される像の違い、すなわち観察者の両目に異なった画像が入ってしまうことから、画像がぼけとして（画像が二重となって）認識され、望ましい像を観察することができない。

4

【0011】そこで、これを解決する一つの手段として、像が常に観察者の片方の目にしか入らないようにすることが考えられる。その実例として、従来のレインボー・ホログラムのまま、スリットの横方向をかなり制限することも可能であるが、かようにすると視域が最大で観察者の左目と右目との間の距離に限定されてしまい、視域が非常に狭くなって実用的ではない。

【0012】本発明は、上記のような問題を解決するために成されたもので、その目的は視域が制限されことなく、立体像以外のぼけのない複数の画像を連続的にかつ鮮明に再生することが可能なレインボー・ホログラムおよびその作成方法を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、まず、請求項（1）項に記載の発明では、レーザー光源より出力されたレーザービームを光路分岐手段により2つのレーザービームに分岐し、一方のレーザービームを平行光とした後スリットにより一部分を選択して再生光としてマスター・ホログラムを再生して当該再生像を感光材料上に結像させ、他方のレーザービームを平行光とした後参照光として感光材料上に入射させることによって、感光材料上に参照光と結像した再生像の光（物体光）とによる干渉縞を形成し、当該干渉縞が形成された感光材料を現像して得られる白色光再生型のレインボー・ホログラムにおいて、再生スリット像の可視スペクトル領域内に、観察者の左目または右目のうちの一方のみが入るように照明光が回折されるようにしている。

【0014】また、請求項（2）項に記載の発明では、レーザー光源より出力されたレーザービームを光路分岐手段により2つのレーザービームに分岐し、一方のレーザービームを平行光とした後スリットにより一部分を選択して再生光としてマスター・ホログラムを再生して当該再生像を感光材料上に結像させ、他方のレーザービームを平行光とした後参照光として感光材料上に入射させることによって、感光材料上に参照光と結像した再生像の光（物体光）とによる干渉縞を形成し、当該干渉縞が形成された感光材料を現像することにより、白色光再生型のレインボー・ホログラムを作成する方法において、スリットとして、再生スリット像の特定の一波長域ラインで再生されたスリット像に対して観察者の左目と右目を結ぶラインをあらかじめ設定した傾き角度で透光部が形成されたスリットを用いると共に、マスター・ホログラムとして、複数の要素ホログラムが一列に配列されてなるマスター・ホログラムを用いるようにしている。

【0015】特に、請求項（2）項に記載の発明において、スリットとしては、透光部が連続的に形成されたスリットを用いるか、あるいは透光部が各要素ホログラムに対応させて断続的に形成されたスリットを用い、またマスター・ホログラムとしては、ホログラフィック・ステレオグラムの作成方法を利用して作成した要素ホログ

ラム列を用いるようにしている。

【0016】

【作用】従って、本発明においては、レインボー・ホログラムからの再生像は、常に観察者の一方の目にしか観察できないため、両眼視差による像のぼけが排除される。また、原理的には、スリットの数が無制限であるため、視域も制限されない。

【0017】これらにより、立体像以外のぼけのない複数の画像を連続的にかつ鮮明に再生することができ、極めて見易いレインボー・ホログラムが得られる。

【0018】

【実施例】本発明では、両眼視差で立体を認識する目的以外の場合の白色光再生型のレインボー・ホログラムを作成する場合に、スリットとして、再生スリット像の特定の一波長域ラインに対して観察者の左目と右目を結ぶラインを傾斜させるような傾き角度で透光部が形成されたスリットを用いると共に、マスター・ホログラムとして、複数の要素ホログラムが一列に配列されてなるマスター・ホログラムを用いることにより、レインボー・ホログラムを観察した場合に、再生スリット像の可視スペクトル領域内に観察者の左目または右目のうちの一方のみが入るように照明光が回折されるレインボー・ホログラムを得るものである。

【0019】以下、上記のような考え方に基づく本発明の一実施例について、図面を参照して詳細に説明する。

【0020】本実施例によるレインボー・ホログラムは、図5に概要図を示すように、再生スリット像の可視スペクトル領域S内に、観察者の左目または右目のうちの一方のみ（図では左目のみ）が入るように照明光が回折されるようにしたものである。

【0021】次に、本実施例によるレインボー・ホログラムの具体的な作成方法について説明する。

【0022】まず、図2に示すようなホログラフィック・ステレオグラムの光学系を用いて、要素ホログラム列（マスター・ホログラム）を作成する。すなわち、図2において、レーザ光源1より出力されたレーザビームは、全反射ミラー2、光路分岐手段であるビーム・スプリッター（ハーフミラーでもよい）3により、2つのレーザビームに分岐される。そして、一方のレーザビームは、全反射ミラー4、全反射ミラー5により反射され、レンズ6A、6Bに入射して十分に拡大されて平行光となり、その後スリット7によって一部分が選択され、参照光として感光材料8上に入射される。また、他方のレーザビームは、レンズ9A、9Bに入射して十分に拡大されて平行光となり、物体光として35mmカメラのフィルム（空間変調素子なら何を用いてもよい）10およびレンズ11を介してスクリーン12上に2次元画像が投影され、スリット7を通して要素ホログラムを感光材料8上に撮影することにより、マスター・ホログラムが得られる。

【0023】図3は、図2におけるスリット7と、感光材料8と、スクリーン12との位置関係を拡大して示した概要図である。ここで、スリット7は、光の一部分を選択する、すなわち余計な光を遮光するためにのみ必要なものであり、本例では図示のように、透光部が縦方向に形成されたスリットを用いる。また、図3では、スリット7と感光材料8とを離間して示しているが、実際には両者はかなり近接した状態で配設しているものである。

10 【0024】次に、白色光で再生可能なレインボー・ホログラムを作成する方法について説明する。

【0025】すなわち、本実施例では、以上のような光学系により作成されたマスター・ホログラムである要素ホログラム列13と、図4に示すような位置関係のスリット14とを用い、図9に示した光学系のマスター・ホログラム26とスリット25とを、この要素ホログラム列13とスリット14とに置き換えた光学系を用いて、前述の場合と全く同様の方法によりレインボー・ホログラムを作成するものである。

20 【0026】ここで、本実施例の特徴とするところは、スリット14として、図5に示すように再生スリット像の特定の一波長域ラインに対して、観察者の左目と右目を結ぶライン（ r は瞳孔間距離を示す）を傾斜させるような傾き角度 θ で、透光部が各要素ホログラムに対応させて断続的に形成されたスリットを用いると共に、マスター・ホログラムとして、短冊状の複数の要素ホログラムが観察者の左目と右目を結ぶラインに対してほぼ直交する方向（図示縦方向）に所定の間隔で一列に配列されてなる要素ホログラム列を用いることである。なお、図

30 【0027】次に、以上のような光学系により作成されたレインボー・ホログラムにおいては、一つ一つのスリット像に関し、縦方向の視点の移動に関しては、色の変化を示す。また、横方向の視点の移動に関しては、一つのスリットから他のスリットへの移動と色の変化の両方を伴う。すなわち、図1は、再生されたスリット像を、代表的なR、G、Bの3つの波長を例として描いたものである（図示点線は可視スペクトル、スリットが再生される領域）。例えば、Rのスリット位置に目をもっていくと、Rの波長（色）でホログラムの再生像が観察できる。実際には、あらゆる波長のスリット像が連続的にでき、観察方向を図示縦方向に移動させると、虹のように色が変わりながら、ホログラムの再生像が観察できる。

40 【0028】従って、かかるレインボー・ホログラムにおいて、スリット14の透光部の傾き角度 θ を適切に設定しておけば、スリットの像は常に観察者の一方の目にしか入らず、すなわちホログラムからの再生像は常に観察者の一方の目にしか観察できないため、両眼視差による像のぼけが排除される。また、原理的には、スリット

の数が無制限であるため、視域も制限されない。以上の結果として、立体像以外のぼけのない複数の画像を連続的にかつ鮮明に再生することができ、極めて見易いレインボー・ホログラムが得られる。

【0029】次に、上記スリット14の透光部の傾き角*

$$\lambda = d (\sin \alpha + \sin \beta)$$

と表わすことができる（ α 、 β は、図6に示すように土

$$\beta = \arcsin \{ (\lambda / d) - \sin \alpha \}$$

ここで、本実施例のレインボー・ホログラムの再生時を

$$\beta_1 = \arcsin \{ (\lambda_1 / d) - \sin \alpha \}$$

$$\beta_2 = \arcsin \{ (\lambda_2 / d) - \sin \alpha \}$$

となる。

【0031】一方、図7に示すように、ホログラム面からLの位置で観察した時を考える。いま、目の位置での★

$$S = |L \tan \beta_2 - L \tan \beta_1|$$

$$= L | \tan \beta_2 - \tan \beta_1 |$$

この(5)式に、(3)、(4)式を代入すると、

【0033】

$$S = L | \tan [\arcsin \{ (\lambda_2 / d) - \sin \alpha \}]$$

$$- \tan [\arcsin \{ (\lambda_1 / d) - \sin \alpha \}] |$$

となる。また、観察者の瞳孔間距離をrとすると、スリ

$$\theta = \arctan (S / r)$$

【0034】

$$\theta = \arctan (L / r) | \tan [\arcsin \{ (\lambda_2 / d) - \sin \alpha \}]$$

$$- \tan [\arcsin \{ (\lambda_1 / d) - \sin \alpha \}] |$$

となる。この(8)式により、適切なスリットの透光部の傾き角度 θ を計算することができる。

【0035】例えば、可視スペクトルを400~750nmとし、入射白色光の角度 $\alpha = 45$ 度、ホログラムの格子間隔 $d = 2 \mu\text{m}$ 、ホログラム面から目までの距離 $L = 200 \text{mm}$ 、瞳孔間距離 $r = 70 \text{mm}$ のとき、スリットの透光部の傾き角度 θ は、

$\theta = 34.0$ 度

という値が得られる。すなわち、この条件の時には、スリットを34.0度以上傾ければ、観察者の両目に同時に像が再生されることがなくなり、ぼけが排除される。

*度 θ について、図6および図7を用いてより具体的に説明する。

【0030】一般的に、回折格子への光の入射角を α 、1次の回折角を β 、格子定数を d 、光の波長を λ とすると、

$$\dots\dots (1)$$

の値をとる)。これを β について解くと、

$$\dots\dots (2)$$

※およびその回折角を β_1 、一番短い波長を λ_1 、およびその回折角を β_2 とすると、(2)式より

$$\dots\dots (3)$$

$$\dots\dots (4)$$

★可視スペクトルの範囲をSとすると、

【0032】

【数1】

20★【数2】

☆

【数3】

【0036】上述したように、本実施例においては、白色光再生型のレインボー・ホログラムを作成する場合に、スリットとして、再生スリット像の特定の一波長域ラインに対して観察者の左目と右目を結ぶラインを傾斜させるような傾き角度 θ で透光部が各要素ホログラムに対応させて断続的に形成されたスリット14を用いると共に、マスター・ホログラムとして、短冊状の複数の要素ホログラムが観察者の左目と右目を結ぶラインに対してほぼ直交する方向に所定の間隔で一列に配列されてなる要素ホログラム列13を用いることにより、再生スリット像の可視スペクトル領域S内に観察者の左目または

右目のうちの一方のみが入るように照明光が回折されるようにしたものである。

【0037】従って、スリット14の透光部の傾き角度 θ を適切に設定しておくことにより、スリットの像は常に観察者の一方の目にしか入らず、すなわちホログラムからの再生像は常に観察者の一方の目にしか観察できないため、両眼視差による像のぼけを排除することができる。

【0038】また、原理的には、スリット14の数が無制限であるため、視域も制限されないようにすることができる。これにより、立体像以外のぼけのない複数の画像を連続的にかつ鮮明に再生することが可能となり、極めて見易いレインボー・ホログラムを得ることができる。

【0039】さらに、断続的なスリット14は、レインボー・ホログラム作成時にマスター・ホログラムを有効に使用することができ、従って、作成されたレインボー・ホログラムは、上記の直線的な場合に比べて、より明るくかつ見易いものを得ることができる。

【0040】尚、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、例えば次のようにしても同様に実施できるものである。

【0041】(a) 上記実施例では、本発明の作製方法により作成された要素ホログラム列をマスター・ホログラムとして用い、白色光で再生可能なレインボー・ホログラムを作製する方法について説明したが、これ以外のホログラムをマスター・ホログラムとして用い、白色光で再生可能なレインボー・ホログラムを作成するようにしてもよい。

【0042】(b) 上記実施例では、基板として透明型のものを用い、透明型の要素ホログラム列からレインボー・ホログラムを作成する場合について説明したが、これに限らず基板として反射型のものを用い、反射型のホログラフィックステレオグラムからレインボー・ホログラムを作成することも可能である。この場合には、図8に示した光学系の構成の一部を組み換えて、反射型のホログラフィックステレオグラムからの反射による回折光を感光材料上に入射させるようにすればよい。

【0043】(c) 上記実施例では、スリット7として、透光部が各要素ホログラムに対応させて断続的に形成されたスリットを用いた場合について説明したが、これに限らずスリット7として、例えば図8に示すように、透光部が連続的に形成されたスリットを用いて、ホログラフィック・ステレオグラムからレインボー・ホログラムを作成することも可能である。このような直線的に連続なスリットは、レインボー・ホログラム作成時の、設置、調整が極めて容易である。

【0044】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、マスター・ホログラム白色光再生型のレインボー・ホログ

ラムを作成する場合に、スリットとして、再生スリット像の特定の一波長域ラインに対して観察者の左目と右目を結ぶラインをあらかじめ設定した傾き角度で透光部が形成されたスリットを用いると共に、マスター・ホログラムとして、複数の要素ホログラムが一列に配列されるマスター・ホログラムを用い、可視スペクトル領域内に観察者の左目または右目のうちの一方のみが入るように照明光が回折されるようにしたので、視域が制限されることなく、立体像以外のぼけのない複数の画像を連続的にかつ鮮明に再生することが可能なレインボー・ホログラムおよびその作成方法が提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるレインボー・ホログラムの一実施例を示す概要図。

【図2】同実施例におけるマスター・ホログラム（要素ホログラム列）を作成するための光学系の構成例を示す概要図。

【図3】図2におけるスリットと感光材料とスクリーンとの位置関係を拡大して示す概要図。

【図4】同実施例におけるスリットの構成例を示す概要図。

【図5】同実施例のレインボー・ホログラムにおいて再生されたスリット像を代表的なR、G、Bの3つの波長を例として示す図。

【図6】同実施例における作用を説明するための概念図。

【図7】同実施例における作用を説明するための概念図。

【図8】本発明によるスリットの他の構成例を示す概要図。

【図9】レインボー・ホログラムを作成するための光学系の構成例を示す概要図。

【図10】図9における従来のスリットの構成例を示す概要図。

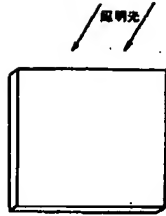
【図11】従来のレインボー・ホログラムの一例を示す概要図。

【図12】図11のレインボー・ホログラムにおいて再生されたスリット像を代表的なR、G、Bの3つの波長を例として示す図。

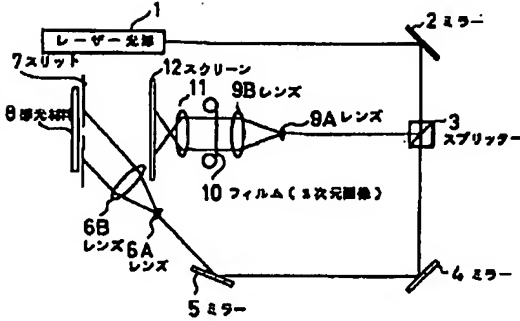
【符号の説明】

1…レーザ光源、2…全反射ミラー、3…ビーム・スプリッター、4…全反射ミラー、5…全反射ミラー、6A、6B…レンズ、7…スリット、8…感光材料、9A、9B…レンズ、10…フィルム、11…レンズ、12…スクリーン、13…マスター・ホログラム、14…スリット、20…レーザ発振器、21…全反射ミラー、22…ビーム・スプリッター、23…全反射ミラー、24A、24B…レンズ、25…スリット、26…マスター・ホログラム、27…全反射ミラー、28A、28B…レンズ、29…感光材料。

【図1】

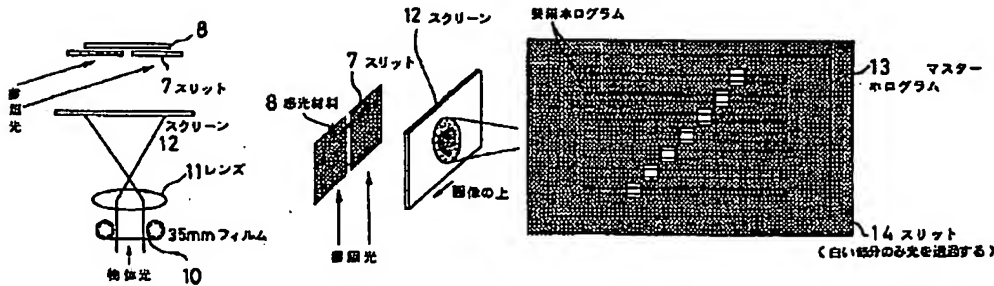


【図2】



【図3】

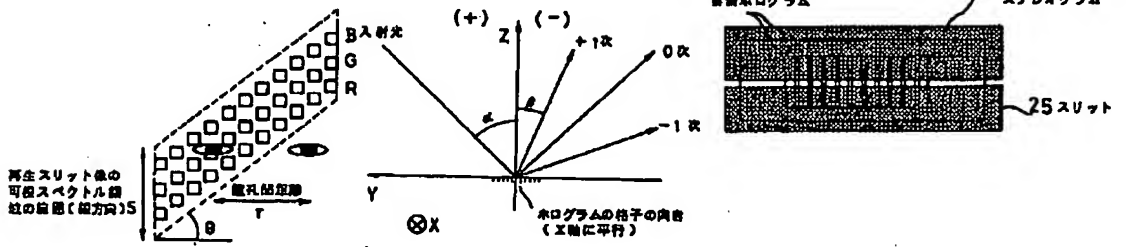
【図4】



【図5】

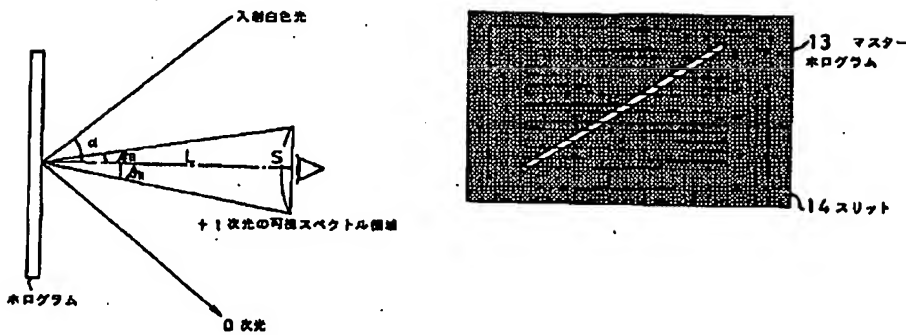
【図6】

【図10】

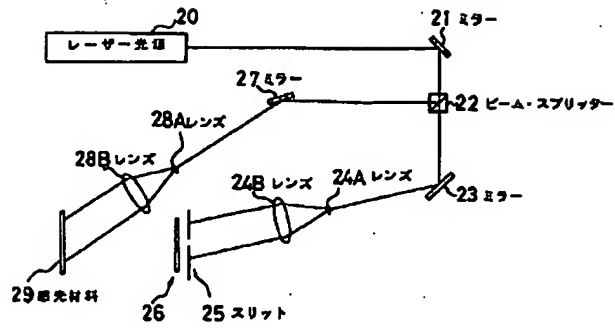


【図7】

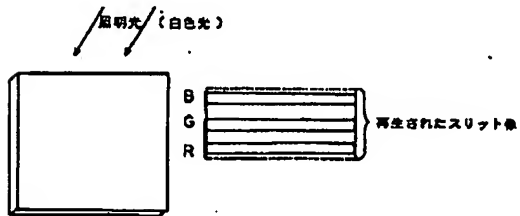
【図8】



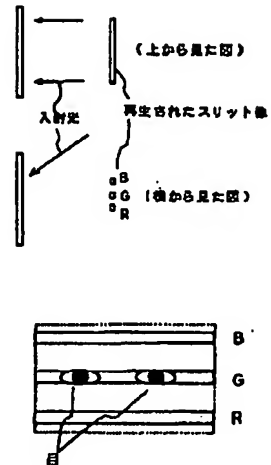
【図9】



【図11】



【図12】



Code: PTO 99-4662

JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT JOURNAL

KOKAI PATENT APPLICATION NO. HEI 4[1992]-275586

Technical Disclosure Section

Int. Cl. ⁵ :	G 03 H 1/26
Sequence Nos. for Office Use:	8106-2K
Application No.	Hei 3[1991]-59572
Application Date:	March 1, 1991
Publication Date:	October 1, 1992
No. of Claims:	5 (Total of 8 pages)
Examination Request:	Not requested

RAINBOW HOLOGRAM AND ITS FABRICATION METHOD

[Reinboo horoguramu oyobi sono seisei hoho]

Inventors:	Toshitaka Toda, et al.
Applicant:	Toppan Printing, Co., Ltd.

[There are no amendments to this patent.]

Claims

1. A white-light-reconstructing rainbow hologram wherein the laser beam that is output from a laser source is split into two laser beams by means of an optical path branching means; after one of the laser beams is made a parallel beam, one portion is selected by means of a slit, reconstructing a master hologram as reproduced light, and said reconstructed image is image formed on a photosensitive material; after the other laser beam is made a parallel beam, by making it incident on the above-mentioned photosensitive material as reference light, an interference pattern is formed by the light of the reconstructed image (object light) that has been image formed as the above-mentioned reference light on the above-mentioned photosensitive material, and the photosensitive material on which said interference pattern has been formed can be developed; characterized in that, within the visible region of the reconstructed slit image, the illuminating light is diffracted so as to enter only one of either the left or right eye of the observer.

2. A method for fabricating a white-light-reconstructing rainbow hologram by splitting a laser beam output from a laser light source splitting into two laser beams using an optical path branching means; after one of the laser beams is made a parallel beam, one portion is selected by means of a slit, reconstructing a master hologram as reproduced light, and said reconstructed image is image formed on a photosensitive material; after the other laser beam is made a parallel beam, by making it incident on the above-mentioned photosensitive material as reference light, an interference pattern is formed by the light of the reconstructed image (object light) that has been image formed as

the above-mentioned reference light on the above-mentioned photosensitive material, and developing a photosensitive material on which said interference pattern has been formed can be developed, characterized in that, along with using, as the above-mentioned slit, a slit wherein a transparent section is formed at a preset angle of inclination with respect to the line that connects the right and left eye of the observer with a specific single wavelength region line of the reconstructed slit image, uses, as the above-mentioned master hologram, a master hologram wherein multiple element holograms are arranged in one row.

3. The method for fabricating a rainbow hologram described in Claim 2 characterized in that, as the above-mentioned slit, a slit is used wherein the transparent section is continuously formed.

4. The method for fabricating a rainbow hologram described in Claim 2 characterized in that, as the above-mentioned slit, a slit is used wherein the transparent section is intermittently formed with respect to each of the above-mentioned element holograms.

5. The method for fabricating a rainbow hologram described in Claim 2 characterized in that, as the above-mentioned master hologram, an element hologram arrangement formed according to the method for fabricating a holographic stereogram is used.

Detailed explanation of the invention

[0001]

Industrial application field

This invention pertains to a rainbow hologram, which is a type of white-light-reconstructing display hologram, and its fabrication method. Specifically, it pertains to a rainbow hologram that can reconstruct multiple images continuously, brightly and free from going out-of-focus exclusive of the stereoscopic image, without limiting the visual field, and its fabrication method.

[0002]

Prior art

In recent years, holograms have come to be widely used in the publishing and printing industries, as covers and illustrations for books and magazines, gifts, and novelties, or as a means for preventing the counterfeiting of valuable securities, credit cards, and IC cards. There are various holograms of this type, one being the white-light-reconstructing rainbow hologram wherein, if the hologram is moved in one direction, the image successively changes.

[0003]

Incidentally, in this type of conventional rainbow hologram for successively displaying multiple images, one application technology is the that referred to as the application of holographic stereograms.

[0004]

When a person looks at an object it appears to be solid, because the positions at which the object is seen are different for the left and right eyes, and the images seen by both eyes are different. Because of this, when a planar image (two-dimensional image) is perceived by the respective eyes and the subject is seen from the position of the right and left eye, the subject gives the impression of being solid (three-dimensional image). From this fact, when a planar image wherein the subject has been photographed from various positions is made so as to be developed from respectively corresponding positions, a display can be made in which the subject looks as if it exists in the original position. Also, a display hologram that constructs a solid image from the planar images using the binocular parallax in this manner is called a holographic stereogram.

[0005]

The conventional holographic stereogram is one wherein holograms, with vertically tabular shapes on which planar images of the subject are recorded as seen from different positions, are aligned in a horizontal row corresponding to the respective

positions of the viewed object. These individual holograms with tabular shapes are called element holograms. Also, when this holographic stereogram is reconstructed and the image is viewed, the planar image of the subject, as seen from the respective positions, can be observed in the element holograms with the left and right eye. Because of this, the subject image is observed as a solid image. Also, when white light is used for observation, a rainbow hologram can be created from this holographic stereogram.

[0006]

Below, an explanation while given regarding a method for fabricating a rainbow hologram that can reconstruct the image using white light, using a holographic stereogram as the master hologram.

[0007]

Figure 9 is a diagram showing a construction example of an optical system for fabricating rainbow holograms. Namely, in Figure 9, the laser beam output from laser oscillator (20) is split into two laser beams by means of the totally reflective mirror (21), and the beam splitter (also called half mirror) (22), which is an optical path branching means. Then, one of the laser beams is reflected by means of totally reflective mirror (23), made incident on lenses (24A, 24B), sufficiently expanded, and made a parallel beam of light; after that, a portion is selected by means of the slit (25), which has a positional relationship like that shown in Figure 10, and is made incident on the master hologram (for example, holographic stereogram HS)

(26). Also, the other laser beam is reflected by totally reflective mirror (27), is made incident on lenses (28A,28B), sufficiently expanded and made a parallel beam of light; after that, it is made incident on photosensitive material (29) as reference light. In this case, within the light that is made incident on the master hologram (26), the light that is diffracted is also made incident on photosensitive material (29) as object light. In this way, an interference pattern is formed using the reference light and the light of the reconstructed image (object light) that is image formed on the photosensitive material (29), and a white-light-reconstructing rainbow hologram is obtained by developing the photosensitive material on which this interference pattern is formed.

[0008]

A rainbow hologram fabricated according to a method like that described above is reconstructed as shown in Figure 11. In other words, for example, as shown in Figure 12, when the observer's eyes are in the position corresponding to the slit that has been reconstructed by the light with a wavelength for green (G), the reconstructed image of the wavelength (color) for green (G) is made visible. This reconstructed image refers to the image that is recorded in the master hologram. Here, the master hologram uses the method for fabricating the holographic stereogram, and when multiple images are recorded as element holograms, once the element holograms with tabular shapes in the positions corresponding to the master hologram (26) of Figure 10 are observed, the movement of the visual point in the horizontal direction of Figure 11 gives the effect of the reconstructed

image successively changing. On the other hand, the movement of the visual point in the vertical direction of Figure 11 corresponds to a movement of the slit image that is continuously reconstructed, and the observed wavelength changes. For example, if the eyes in Figure 11 are gradually lowered, the reconstructed image that is observed at the wavelength (color) for green (G) gradually changes color as the wavelength gradually becomes longer, and eventually becomes the wavelength (color) for red (R).

[0009]

To summarize, in the observation of the rainbow hologram, movement of the visual point in the horizontal direction gives the sensation of changes in the observed image, and movement of the visual point in the vertical direction [gives the sensation] of changes in color. Also, if the respective parallax images are recorded in the element holograms of the master hologram, the images that are reconstructed for the different positions of the left and right eye of the observer are different, and a stereoscopic image can be realized.

[0010]

Problems to be solved by the invention

However, if completely different images or moving images and the like are recorded in each element hologram using this type of method for fabricating holographic stereograms, because of the differences in the image that are observed by the left and right

eye of the observer, in other words, [because] different images are perceived by each eye of the observer, the image becomes out of focus (there are two images), and the desired image cannot be observed.

[0011]

Thus, making it so that the image is always perceived by only one eye of the observer has been considered as one means for solving this. As an example, with the conventional rainbow hologram as is, it is also possible to fairly limit the horizontal direction of the slit, but if done in this manner, the maximum visual area is limited by the distance between the left and right eye of the observer, the visible region becomes extremely narrow, and it is not practical.

[0012]

This invention was made to solve the above-mentioned problems, and its purpose is to offer a rainbow hologram that enables continuous and bright reproduction of multiple images free from going out of focus exclusive of the stereoscopic images, without limiting the field of vision.

[0013]

Means to solve the problem

In order to achieve the above-mentioned purposes, first, in the invention described in Claim 1, in a

white-light-reconstructing rainbow hologram wherein the laser beam that is output from a laser light source is split into two laser beams by means of an optical path branching means; after one of the laser beams is made a parallel beam, one portion is selected by means of a slit and a master hologram is reconstructed as reproduced light, and said reconstructed image is image formed on a photosensitive material; after the other laser beam is made a parallel beam, by making it incident on the above-mentioned photosensitive material as reference light, an interference pattern is formed by the light of the reconstructed image (object light) that has been image formed as the above-mentioned reference light on the above-mentioned photosensitive material, and the photosensitive material on which said interference pattern has been formed can be developed, and within the visible region of the reconstructed slit image, the illuminating light is diffracted so as to enter only one of either the left or right eye of the observer.

[0014]

Also, in the invention described in Claims 2, in a method for fabricating a white-light-reconstructing rainbow hologram by splitting the laser beam that is output from a laser light source into two laser beams by means of an optical path splitting means, after one of the laser beams is made a parallel beam, one portion is selected by means of a slit and a master hologram is reconstructed as reproduced light, and said reconstructed image is image formed on a photosensitive material; after the other laser beam is made a parallel beam, by making it incident on the above-mentioned photosensitive material as reference light, an

interference pattern is formed by means of the light of the reconstructed image (object light) that has been image formed as the above-mentioned reference light on the above-mentioned photosensitive material, and the photosensitive material on which said interference pattern has been formed can be developed; and along with using, as the above-mentioned slit, a slit wherein a transparent section is formed at a preset angle of inclination with respect to the line that connects the right and left eye of the observer with a specific single wavelength region line of the reconstructed slit image, as the above-mentioned master hologram, a master hologram is used wherein multiple element holograms are arranged in a single row.

[0015]

Specifically, in the invention described in Claim 2, as a slit, a slit is used wherein a transparent section is formed continuously, or a slit is used wherein the transparent section is made to correspond to each element hologram, or, as the master hologram, element holograms are formed using the method for fabricating a holographic stereogram.

[0016]

Function

Therefore, in this invention, because the image reconstructed from the rainbow hologram can always be observed with only one eye of the observer, the image going out-of-focus as a result of the binocular parallax is eliminated. Also,

basically, because the number of slots is unlimited, there are also no limitations on the visible region.

[0017]

In this way , multiple images free from going out-of-focus exclusive of stereoscopic images can be reconstructed continuously and brightly, and an extremely good rainbow hologram can be obtained.

[0018]

Application examples

In this invention, a white-light-reconstructing rainbow hologram for a purpose other than recognizing a solid body using the binocular parallax, by using a slit wherein a transparent section is formed at an angle of inclination of a line that connects the left and right eye of the observer with a specific single frequency region line of the reconstructed slit image, and using a master hologram wherein multiple element holograms are aligned in a single row, a rainbow hologram is obtained wherein the illuminating light is diffracted so as to enter one of either the left or right eye of the observer within the visible spectrum region of the reconstructed slit image.

[0019]

Below, a detailed explanation will be given regarding one application example based on the above-mentioned thinking with reference to the figures.

[0020]

The rainbow hologram based on this application example is made so that the illuminating light is diffracted so that it enters only one of either the left or right eye of the observer (in the figure, only the left eye) within the visible region (S) of the reconstructed slit image, as is shown in the abbreviated drawing in Figure 5.

[0021]

Next, an explanation will be given regarding a detailed method for fabricating a rainbow hologram based on this application example.

[0022]

First, using the optical system for a holographic stereogram like that shown in Figure 2, the element hologram row (master hologram) is formed. In other words, in Figure 2, the laser beam that is output from the laser light source (1) is split into two laser beams by means of the totally reflective mirror (2) and the beam splitter (also called a half mirror) (3), which is an optical path branching means. Also, one of the laser beams is

reflected by totally reflective mirror (4) and totally reflective mirror (5), is made incident on lenses (6A,6B), sufficiently enlarged and made a parallel light, and after that, a portion is selected by means of slit (7), and is made incident on photosensitive material (8) as reference light. Also, the other laser beam is made incident on lenses (9A,9B), is sufficiently enlarged and becomes a parallel beam of light, and as the object light, a two-dimensional image is projected on screen (12) from 35-mm film (10) (or some other medium as long as it is a spatially modulated element) and lens (11), and by projecting the element holograms onto photosensitive material (8) through slit (7), the master hologram is obtained.

[0023]

Figure 3 is an abbreviated drawing wherein the positional relationship between slit (7), photosensitive material (8), and screen (12) in Figure 2 are shown enlarged. In this case, slit (7) selects a portion of the light. In other words, it is necessary only for blocking the extra light, and in this example, as is illustrated, the transparent section uses a slit (7) that is formed in the vertical direction. Also, in Figure 3, the slit (7) and the photosensitive material (8) are shown separated, but in actuality, are arranged with a configuration in which they are fairly close.

[0024]

Next, an explanation will be given regarding the method for fabricating a rainbow hologram that can reconstruct an image using white light.

[0025]

In other words, in this application example, using the element hologram array (13), that is, the master hologram formed using the optical system described above, using a slit (14) with a positional relationship like that shown in Figure 4, using the master hologram (26) and slit (25) of the optical system shown in Figure 9, and using an optical system wherein this element hologram (13) and slit (14) are replaced, a rainbow hologram can be fabricated using the exact same method as in the above-mentioned case.

[0026]

Here, the distinctive feature of this application example is the fact that, as the slit (14), in contrast to the specific single wavelength region for the reconstructed slit image as shown in Figure 5, along with using a slit that is continuously formed wherein the transparent section corresponds to each element hologram at an angle of inclination θ with respect to the line that connects the left and right eye ((r) shows the distance between the pupils) of the observer, as the master hologram, an element hologram array is used wherein multiple plate-shaped element holograms are arranged in a single row at prescribed

intervals and almost perpendicular (in the vertical direction in the figure) with respect to the line that connects the left and right eye of the observer. The individual small transparent sections in the slit shown in Figure 4 are about the same as those in the slit of the conventional case.

[0027]

Next, in the rainbow hologram that has been fabricated using an optical system like that described above, changes in color occur, in relation to the individual slit images, by movement of the visual point in the vertical direction. Also, by the movement of the visual point in the horizontal direction, changes in color in both directions accompany movement from one slit to another. In other words, Figure 1 is a drawing wherein the reconstructed slit image is drawn as an example of the three representative wavelengths for R, G, and B. (The dotted lines shown in the figure represent the visible spectrum, and the slits are the reconstructed region). For example, if the position of the eye corresponds to the slit position for (R), the reconstructed image of the hologram can be observed in the wavelength (color) of (R)). In actuality, the slit of any wavelength can be made continuous, and if the observation direction moves in the vertical direction of the illustration, the reconstructed image of the hologram can be observed as the color changes like a rainbow.

[0028]

Therefore, in this type of rainbow hologram, if the angle of inclination θ of the transparent section of slit (14) is suitably designed, because the image of the slit is always perceived by only one eye of the observer, in other words, [because] the reproduced image from the hologram can always be observed by only one eye of the observer, the image going out-of-focus as a result of to the binocular parallax is eliminated. Also, theoretically, because the number of slots is unlimited, the visual region is also unlimited. As a result, multiple images can be reconstructed continuously and brightly free from going out-of-focus exclusive of the stereoscopic image, and an extremely good rainbow hologram can be obtained.

[0029]

Next, in regard to the angle of inclination θ of the transparent section of the above-mentioned slit (14), this is explained in detail using Figures 6 and 7.

[0030]

Generally, if the angle of incidence of the light on the diffraction grating is taken as α , the first diffraction angle as β , the grating coefficient as d , and the wavelength of the light as λ , this can be represented as

$$\lambda = d(\sin \alpha + \sin \theta) \quad (1)$$

(α and β , as shown in Figure 6, take \pm values). If this is solved for β

$$\beta = \arcsin \{ (\lambda/d) - \sin \alpha \} \quad (2)$$

This is considered during the reconstructing of the rainbow hologram according to this application example. If the longest wavelength of the visible spectrum is taken to be λ_R , its diffraction angle β_R , the shortest wavelength to be λ_B and its diffraction angle to be β_B , from equation (2), the following is obtained:

$$\beta_R = \arcsin \{ (\lambda_R/d) - \sin \alpha \} \quad (3)$$

$$\beta_B = \arcsin \{ (\lambda_B/d) - \sin \alpha \} \quad (4)$$

[0032]

On the other hand, as shown in Figure 7, the hologram picture observed from position (L) should be considered. If the range of the visible spectrum at the position of the eye is taken to be (S),

[0032]

Formula 1

$$\begin{aligned} S &= |L \tan \beta_B - L \tan \beta_R| \\ &= L |\tan \beta_B - \tan \beta_R| \end{aligned} \quad (5)$$

If equations (3) and (4) are inserted into this equation (5),

[0033]

the following is obtained:

Formula 2

$$S = L|\tan[\arcsin \{(\lambda_B/d) - \sin \alpha\}] - L|\tan[\arcsin \{(\lambda_R/d) - \sin \alpha\}]| \quad (6)$$

Also, if the distance between the pupils of the observer is taken to be r , the angle of inclination θ of the transparent section of the slit is

$$\theta = \arctan (S/r) \quad (7)$$

[0034]

Formula 3

and the following is obtained:

$$\theta = \arctan (L/r) |\tan [\arcsin \{(\lambda_B/d) - \sin \alpha\}] - \tan [\arcsin (\lambda_B/d) - \sin \alpha]| \quad (8)$$

A suitable angle of inclination θ for the transparent section of the slit can be calculated using equation (8).

[0035]

For example, when the visible spectrum is taken to be 400-750 nm, the white-light incident angle $\alpha = 45^\circ$, the hologram grating spacing $d = 2 \mu\text{m}$, the distance from the hologram surface to the eye $L = 200 \text{ mm}$, and the distance between the pupils $r = 70 \text{ mm}$, the angle of inclination θ for the transparent section of the slit results in a value of $\theta = 34.0^\circ$, in other words, with these conditions, if the slit is inclined by more than 34.0° , simultaneous reconstruction of the image in both eyes of the

observer does not occur, and the going out-of-focus is eliminated.

[0036]

As presented above, in this application example, when fabricating a white-light-reconstructing rainbow hologram, by using the slit (14) wherein the transparent sections corresponding to each element hologram have been continuously formed at an angle of inclination θ with respect to the line that connects the left and right eye of the observer with a specific single frequency region of the reconstructed slit image, and, as the master hologram, using the element hologram row (13) wherein multiple plate-shaped element holograms are arranged in a single row at prescribed intervals and almost perpendicular to the line that connects the left and right eye of the observer, the illuminating light is caused to be diffracted so as to enter only one of either the left or right eye of the observer within the visible region (S) of the reconstructed slit image.

[0037]

Therefore, by suitably setting the angle of inclination θ for the transparent section of slit (14), since the slit image is always perceived by only one eye of the observer, in other words, [because] the reconstructed image from the hologram can be observed only by one eye of the observer, the going out-of-focus of the image as a result of the binocular parallax can be eliminated.

[0038]

Also, theoretically, because the number of slits (14) is unlimited, the visual region is also unlimited. In this way, continuous and bright reconstruction of multiple images free from going out-of-focus exclusive of the stereoscopic image becomes possible, and an extremely good rainbow hologram can be obtained.

[0039]

Furthermore, an intermittent slit (14) can effectively use a master hologram during the forming of the rainbow hologram. Therefore, as for the rainbow hologram that has been created, a brighter and easier to see hologram can be obtained compared to the above-mentioned linear method.

[0040]

This invention is not limited to the above-mentioned application example, and, for example, even if done as follows, it can be reduced to practice in the same manner.

[0041]

(a) In the above-mentioned application example, the element hologram row that was fabricated using the manufacturing method of this invention was used as the master hologram, and an explanation is given in regard to a method for fabricating a rainbow hologram that can reconstruct the image using white light; however, other holograms can be used as the master

hologram, and a rainbow hologram that can reconstruct the image using white light can still be realized.

[0042]

(b) In the above-mentioned application example, an explanation is given in regard to the fabrication of a rainbow hologram from a transparent element hologram row using a transparent base sheet; however, it is not limited to this and the fabrication of a rainbow hologram from a reflective holographic stereogram using a reflective base sheet is also possible. In this case, one portion of the structure of the optical system shown in Figure 8 is substituted, and the diffracted light can be made incident on the photosensitive material by reflection from a reflective holographic stereogram.

[0043]

(c) In the above-mentioned application example, an explanation is given in regard to the case wherein, as slit (7), a slit was used in which the transparent sections were intermittently formed by corresponding to each element hologram; however, it is not limited to this, and as slit (7), for example, as shown in Figure 8, the fabrication of a rainbow hologram from a holographic stereogram using a slit that is continuously formed is also possible. As for this type of linear continuous slit, the placement and adjustment during the rainbow hologram fabrication is extremely easy.

[0044]

Effects of the invention

As explained above, according to this invention, in the fabrication of a master-hologram white-light-reconstructing rainbow hologram using, a slit wherein the transparent section is formed at a preset angle of inclination with respect to the line connecting the left and right eye of the observer with a specific single wavelength region line of the reconstructed slit image, and, using a master hologram wherein multiple element holograms are arranged in a single row, since the illuminating light is diffracted so that it enters only one of either the left or right eye of the observer within the visible region, a rainbow hologram and its fabrication method can be realized wherein there are no limitations on the visual area, and continuous and bright reconstruction of multiple images free from going out-of-focus exclusive of stereoscopic images is possible.

Brief description of the figures

Figure 1 is an abbreviated drawing showing one application example of a rainbow hologram according to this invention.

Figure 2 is an abbreviated drawing showing a construction example of an optical system used for fabricating the master hologram (element hologram row) in this same application example.

Figure 3 is an abbreviated drawing showing an enlargement of the positional relationships between the slit, photosensitive material, and screen in Figure 2.

Figure 4 is an abbreviated drawing showing a construction example of the slit in this same application example.

Figure 5 is a drawing showing the slit image formed in the rainbow hologram of this same application example as examples of the representative three wavelengths for R, G, and B.

Figure 6 is a diagram for explaining the operation in this same application example.

Figure 7 is a diagram for explaining the operation in this same application example.

Figure 8 is an abbreviated drawing showing another construction example of the slit according to this invention.

Figure 9 is an abbreviated drawing showing a construction example of an optical system used for fabricating the rainbow hologram.

Figure 10 is a summary drawing showing a construction example of the conventional slit in Figure 9.

Figure 11 is an abbreviated drawing showing one example of a conventional rainbow hologram.

Figure 12 is a drawing showing the slit formed in the rainbow hologram of Figure 11 with the three wavelengths for R, G, and B as examples.

Explanation of the reference numerals

1. Laser light source
2. Totally reflective mirror
3. Beam splitter
4. Totally reflective mirror
5. Totally reflective mirror
- 6A, 6B. Lens

7. Slit
8. Photosensitive material
- 9A,9B. Lens
10. Film
11. Lens
12. Screen
13. Master hologram
14. Slit
20. Laser oscillator
21. Totally reflective mirror
22. Beam splitter
23. Totally reflective mirror
- 24A,24B. Lens
25. Slit
26. Master hologram
27. Totally reflective mirror
- 28A,28B. Lens
29. Photosensitive material

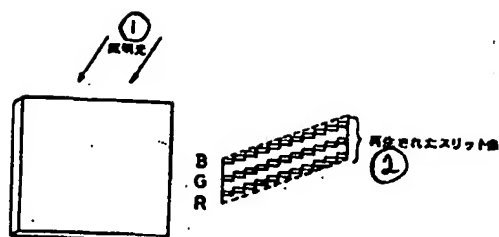


Figure 1

Key: 1 Illuminating light
 2 Reconstructed slit rows

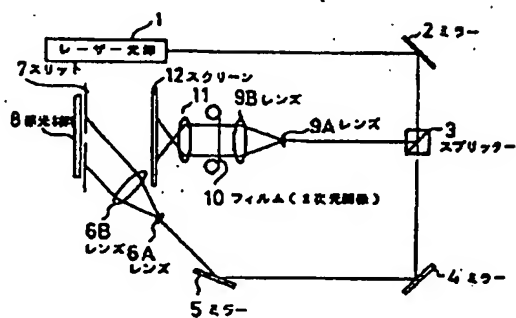


Figure 2

Key: 1 Laser light source
 2 Mirror
 3 Splitter
 4 Mirror

- 5 Mirror
- 6A Lens
- 6B Lens
- 7 Slit
- 8 Photosensitive material
- 9A Lens
- 9B Lens
- 10 Film
- 11 Lens
- 12 Screen

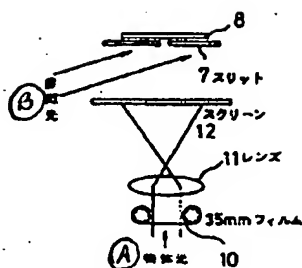


Figure 3

- Key: A Object light
 B Reference light
 7 Slit
 10 35-mm film
 11 Lens
 12 Screen

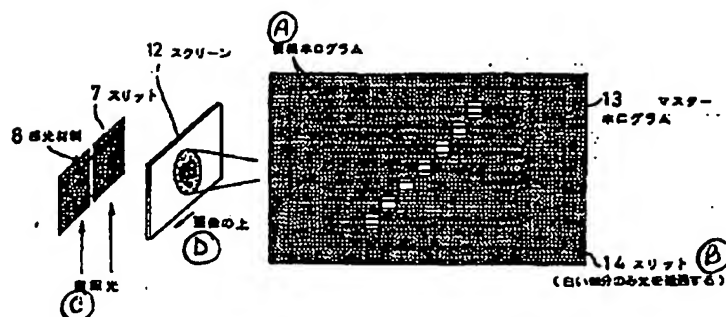


Figure 4

- Key: A Element hologram
 B Only the white component passes through the [illegible]
 C Reference light
 D On the image
 7 Slit
 8 Photosensitive material
 12 Screen
 13 Master hologram
 14 Slit

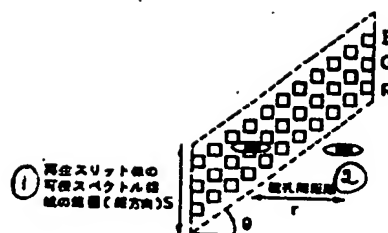


Figure 5

- Key: 1 Visible region (S) of the reconstructed slit image (horizontal axis)
- 2 Distance between pupils

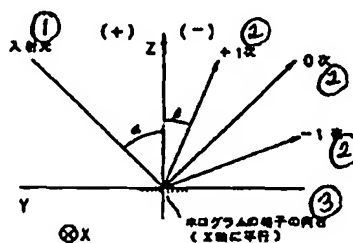


Figure 6

- Key: 1 Incident light
- 2 Order
- 3 Spacing of grating of hologram (parallel to X axis)

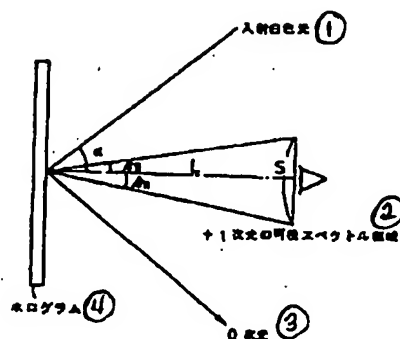


Figure 7

- Key: 1 Incident white light
 2 +1 order light of visible region
 3 0 order light
 4 Hologram

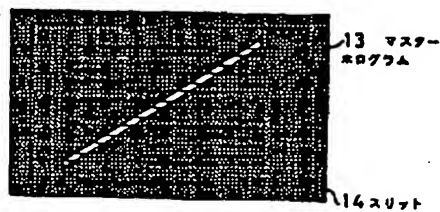


Figure 8

Key: 13 Master hologram
14 Slit

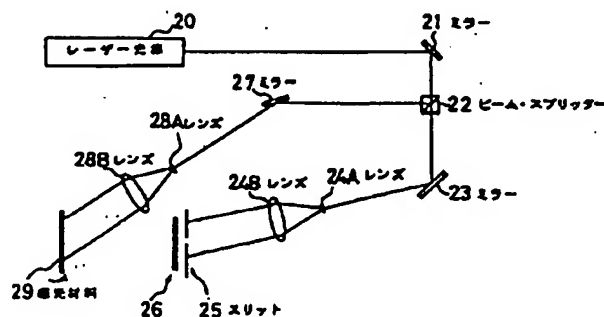


Figure 9

- Key:
- 20 Laser light source
 - 21 Mirror
 - 22 Beam splitter
 - 23 Mirror
 - 24A Lens
 - 24B Lens
 - 25 Slit
 - 27 Mirror
 - 28A Lens
 - 28B Lens
 - 29 Photosensitive material

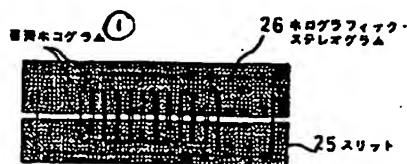


Figure 10

Key: 1 Element hologram
 25 Slit
 26 Holographic stereogram

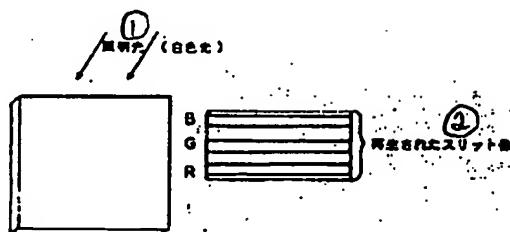


Figure 11

Key: 1 Illuminating light (white light)
 2 Reconstructed slit image

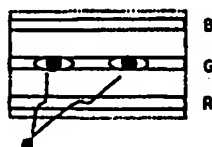
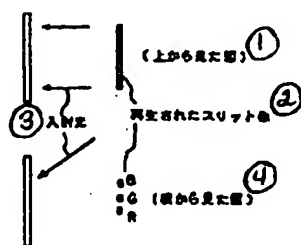


Figure 12

- Key: 1 Image seen from above
 2 Reconstructed slit image
 3 Incident light
 4 Image seen from the horizontal